

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 11350107
PUBLICATION DATE : 21-12-99

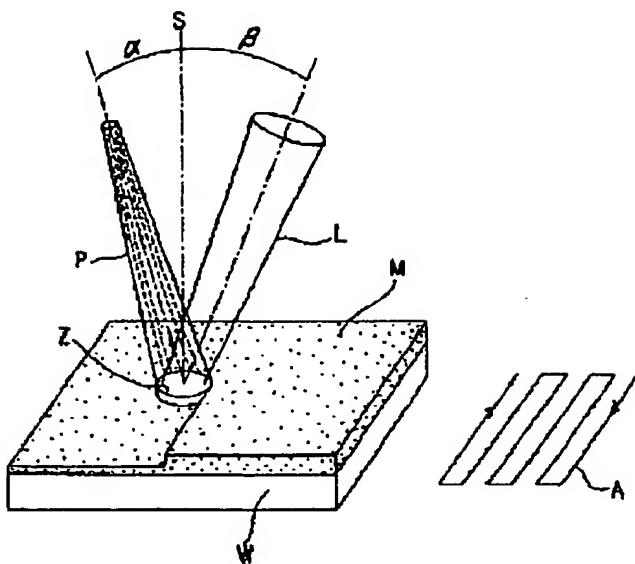
APPLICATION DATE : 05-06-98
APPLICATION NUMBER : 10173959

APPLICANT : ADVANCED MATERIALS
PROCESSING INSTITUTE KINKI
JAPAN;

INVENTOR : OMORI AKIRA;

INT.CL. : C23C 4/12 C23C 4/10

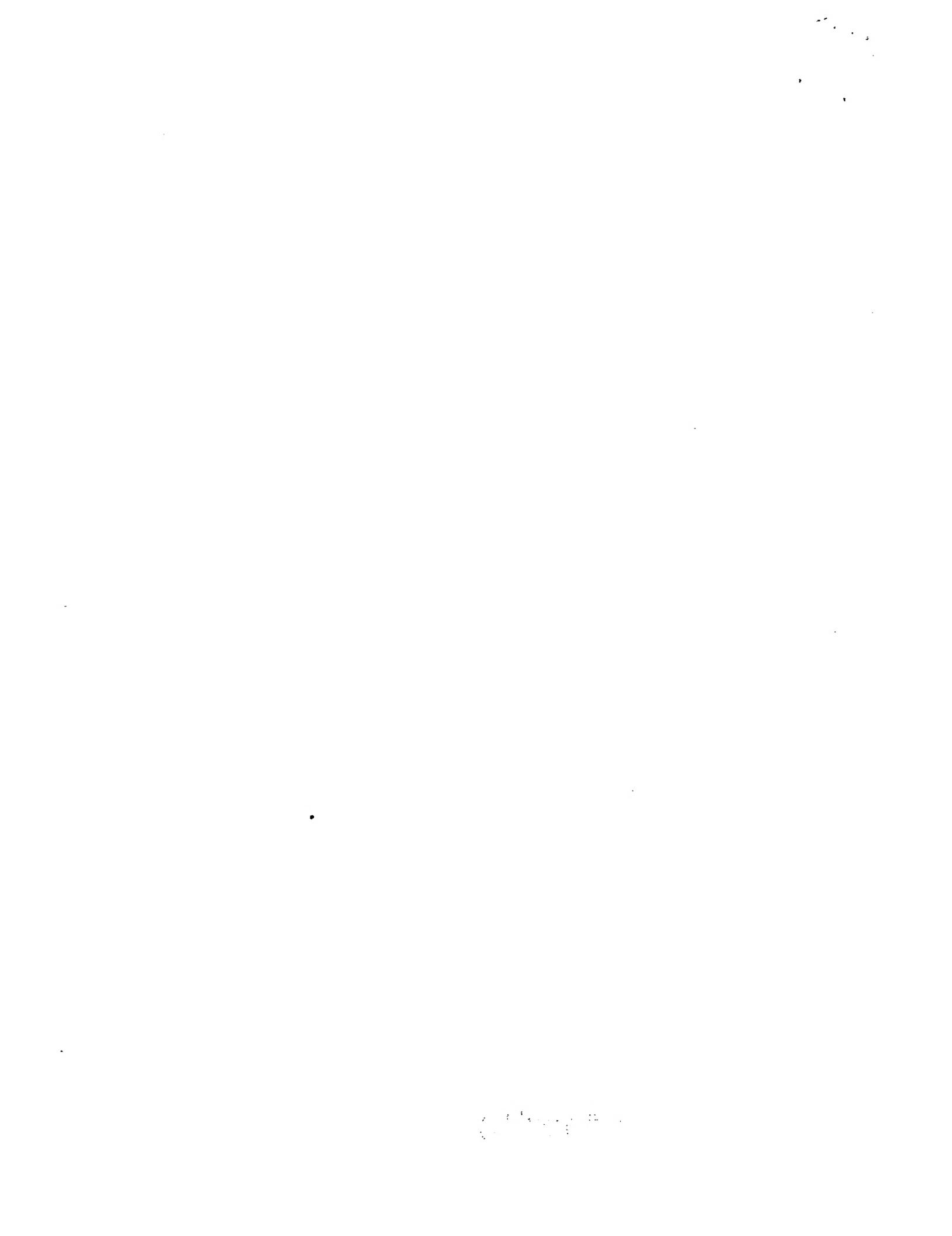
TITLE : METHOD FOR FORMING
HIGH-TEMPERATURE
WEAR-RESISTANT FILM



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a wear resistant film excellent in adhesion strength for the film itself and a base material by spraying a cermet material containing TiC hard particles on the surface of the base material through plasma thermal- spray and simultaneously irradiating a laser beam at a spraying position.

SOLUTION: A high-temperature wear resistant film M is formed by moving a base material W along the moving direction A of the base material to continuously thermal spraying cermet containing TiC hard particles through plasma thermal spray P. A laser beam L to be simultaneously irradiated with the plasma thermal spray P is superposed in a thermal spray region Z and the respective axes are inclined by angles α and β for a perpendicular line S. Droplet particles of the cermet material to be thermally sprayed are cooled and oxidized during the scattering, a solidified film is generated on the surface part but is melted by the laser beam L immediately before the droplet particles are landed on the base material W, dissolved to each other, the hard particles are uniformly dispersed in a continuous molten layer, the bonding of the molten particles with the base material W is intensified and the high-temperature wear resistant film M is formed.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-350107

(43) 公開日 平成11年(1999)12月21日

(51) Int.Cl.⁶

C 23 C 4/12
4/10

識別記号

F I

C 23 C 4/12
4/10

</div

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基材表面にTiC系硬質粒子を含有するサーメット材料をプラズマ溶射により吹き付けて高温耐摩耗性皮膜を形成するに当たり、この吹き付けと同時に基材表面の吹き付け位置にレーザビームを照射することを特徴とする高温耐摩耗性皮膜の形成方法。

【請求項2】 皮膜中のTiC系析出物量が体積率25%以上であることを特徴とする上記皮膜の形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、各種産業分野で使用される様々な部材の高温耐摩耗性を必要とする表面に、プラズマ溶射を利用して緻密な高温耐摩耗性皮膜を形成する方法に関するものである。

【0002】

【従来技術及びその課題】一般に、プラズマ溶射による皮膜形成技術は、放電アークにアルゴンなどのキャリアガスを供給して高温のプラズマ噴流を発生させ、この噴流中に硬質粒子含有金属の粉末を供給することにより、当該材料を溶融あるいは半溶融状態として基材表面に吹き付け、堆積させて皮膜を形成するものである。

【0003】このようなプラズマ溶射方法は、他の溶射方法に比べ、高融点材料の溶射が可能であって材料選択の自由度が大きい上に、密着強度および密度の高い皮膜が形成できるとともに熱源に起因した溶射材料の汚染がなく、また高出力化によって時間当たりの溶射量を多くして皮膜形成能率を高め得る利点がある。従って、このプラズマ溶射による皮膜形成技術は、現在、製鋼分野でのマッドガノノズル、連続焼鈍炉用ハースロール、溶融亜鉛めっきラインの浴中ロール、製紙分野でのヤンキードライヤロール、ワインダドラムドローロール、発電分野や航空・宇宙分野におけるタービン翼、圧縮機、燃焼器、一般産業分野での各種ガイドロール、スリーブやカラーの如き摺動部品など多様な器材の表面に耐摩耗性、耐熱性、耐腐食性などを付与するのに利用されている。

【0004】しかしながら、従来のプラズマ溶射による皮膜は、他の溶射方法によるものと比べれば皮膜の密着性は優れているが、サーメット、セラミックスなどの高融点材料の溶射では溶滴粒子間の結合が必ずしも十分でなく、皮膜品質の一層の向上の妨げとなっている。

【0005】特に、比較的高温での耐摩耗性に優れたTiC系硬質粒子を含有するサーメット材料は、絞り成形、バーリング成形などの板金加工工具、冷間鍛造工具、切削加工治具などの耐摩耗性向上、焼き付き防止効果が大きく、これらの表面加工用に多用されているが、この種材料のプラズマ溶射では硬質粒子が3000°C以上の融点を示すことから比較的溶融し難く、また溶融領域では高温下で分解し易い性質をもっており、従来の技術では健全皮膜の形成が難しい状況にある。

【0006】すなわち、硬質粒子が比較的大きく、また

プラズマエネルギーが比較的小さい場合には、TiC粒子の溶融が不十分となって粒子間及び皮膜・基材界面の結合が十分図れないため、皮膜からの硬質粒子の脱落や皮膜全体の摩耗を容易にする。また、エネルギーが過度になると、TiCが溶融・蒸発するほか、基材成分の溶射皮膜への拡散によって皮膜の軟化、耐熱性劣化などをもたらし、皮膜の品質が著しく劣化する。皮膜の耐摩耗性、耐熱性などは皮膜中のTiC系硬質粒子が多いほど向上するが、皮膜の成膜はこれにつれてより困難となる。

【0007】対応策の一つとして個々のTiC粒子の周りをNiめっきした粉末材料を用いる方法も研究されているが、製造コストの問題もあって広くは使われていない。また、プラズマ溶射皮膜の組織構造を改善する方法として、皮膜表面部に金属や樹脂などを化学的、物理的操作によって充填する方法や、溶射皮膜にレーザビームを照射して皮膜全体を再溶融させることによって皮膜の緻密化や結合強化を図る方法が提案されているが、前者の充填方法では、煩雑な操作を必要としてコスト上昇が大きい弊害があるほか、現状ではTiC系サーメット皮膜が多用される500°C以上の高温に耐え得る樹脂は開発されていない。また、後者のレーザ照射の方法では、皮膜全体の緻密化や結合の強化が図れる反面、皮膜材料の多くは基材よりも融点が高いことから、皮膜の再溶融は基材の著しい温度上昇あるいは皮膜・基材界面部の比較的広い領域を溶融させることになり、基材側化学元素の皮膜内部への拡散によって硬さ、耐摩耗性、耐腐食性などの皮膜物性の劣化を招く欠点がある。

【0008】以上のように、従来のプラズマ溶射によるTiC系サーメット皮膜の形成方法では、健全皮膜の安定形成がなされない問題があった。

【0009】本発明は、上述のような事情に鑑みて、TiC系サーメット材料のプラズマ溶射による高温耐摩耗性皮膜の形成において、溶融粒子相互の融合性を高めて皮膜の硬質粒子と金属マトリックスとの結合を強化するとともに皮膜と基材界面との結合をより密にすることによって、皮膜自体および基材に対する密着強度に優れた高温耐摩耗性皮膜を形成し得る手段を提供すること目的としている。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上記目的を達成するために、まず従来のプラズマ溶射法による皮膜の問題点について検討した結果、溶射された溶滴粒子が飛散中の冷却や酸化によって固化膜を生じるため、溶滴粒子が相互に融合せずに結合の弱い積層構造となり、しかもそのような溶滴粒子が低温の基材表面に着床する際にも冷却がさらに進行するため、皮膜の密着性が不十分になり易いことが判明した。さらに、TiC系サーメット材料においては、Ni、Crなどのマトリックス金属とTiC系硬質粒子との融点が大きく異なるために、

マトリックス金属が十分溶融しても硬質粒子はまったく溶融しないか、周辺部がわずかに軟化する場合も考えられる。このような場合には、溶射時の基材表面での成膜過程で未溶融の硬質粒子が溶融凝固（成膜）過程にあるマトリックス金属皮膜をブラスト研削する方向に寄与することになって、成膜効率を大きく低下させるほか、皮膜の密着性を阻害する結果になる。 TiC は Ni などの金属とはぬれ性が比較的よい関係があるので、双方の溶融条件が適正であれば、相互の結合が強固で基材との密着性が良好な健全皮膜の形成は可能と考えられる。

【0011】そこで、本発明者らは、アラズマ溶射された溶滴粒子間、溶滴粒子と基材表面との界面、マトリックス金属と硬質粒子間のそれぞれの結合を強化する方法を鋭意検討した結果、アラズマ溶射に際して溶射領域にレーザビームを同時に照射する方法、すなわちアラズマ・レーザ複合溶射法が有効であることを見出し、本発明をなすに至った。

【0012】請求項1に係る発明の高温耐摩耗性皮膜の形成方法は、基材表面に TiC 系硬質粒子を含有するサーメット材料をアラズマ溶射により吹き付けて高温耐摩耗性皮膜を形成するに当たり、この吹き付けと同時に基材表面の吹き付け位置にレーザビームを照射することを特徴とするものである。

【0013】請求項2に係る発明は、請求項1に記載の高温耐摩耗性皮膜の形成方法において、皮膜中の TiC 系析出物量が体積率25%以上であることを特徴とするものである。

【0014】

【発明の実施の形態】図1は、本発明に係る高温耐摩耗性皮膜の形成方法を示す模式図である。この図において、Wはステンレス鋼板などとなる基材であり、この基材Wを図示矢印Aのように移動させつつ、その表面に TiC 系硬質粒子含有サーメットをアラズマ溶射Pにより連続的に溶射することによって、 TiC 系硬質粒子含有サーメットからなる高温耐摩耗性皮膜Mが形成されてゆくが、この溶射領域ZにはレーザビームLを同時照射している。この高温耐摩耗性皮膜Mは、上記のアラズマ・レーザ複合溶射を複数回にわたって重ねて行うことにより、所要の膜厚に設定する。なお、アラズマ溶射PとレーザビームLは、溶射領域Zで重ねるためにそれぞれの軸線を垂直線Sに対して角度 α 、 β だけ傾けているが、これらの角度 α 、 β は任意に設定できる。

【0015】上記の方法によれば、溶射される TiC 系硬質粒子含有サーメット材料の溶滴粒子は、飛散中の冷却や酸化（大気中溶射の場合）によって表面部に固化膜を生じるが、この固化膜が溶射領域Zに照射されるレーザビームLによって基材Wへの着床直前に瞬時に融解するため、着床した溶滴粒子は相互に溶融して連続した溶融層を形成し、この溶融層中に硬質粒子が均一に分散した状態になるとともに、気体の巻き込みも少くなり、

溶融粒子と基材表面あるいは先に形成されている皮膜の表面との結合が強固になる。さらに、形成された皮膜Mは TiC 系の硬質粒子相（微細析出物）が均一に分散していることからすぐれた高温耐摩耗性を発揮するものとなる。しかし、レーザビームLは上記の溶滴粒子の固化膜を溶解できる程度の低いエネルギー密度に設定すればよく、これによって基材Wの表面や先に形成されている皮膜Mの再溶融を回避できるから、表面性状などの皮膜品質も良好なものとなし得る。

【0016】本発明において溶射材料として使用する TiC 系硬質粒子含有サーメット材料の種類は、特に制約はなく、 Ni 、 Cr などの合金とのサーメット材料でもよく、それらの元素に Si 、 B などを添加した自溶性合金とのサーメット材料でもよい。

【0017】本発明においてはアラズマ溶射を大気中でおこなうこともできるが、より好ましくはアルゴン、窒素、ヘリウムなどの不活性（非酸化性）ガスで置換した減圧雰囲気中で行うのがよい。アラズマ溶射のための装置の構成やレーザビームLを発生させるレーザ発振器の種類や発振方法などについては、特に制約はない。また、基材Wの表面上でのアラズマ溶射Zの移動は、基材Wを移動させる代わりにアラズマ溶射PおよびレーザビームLの出射装置側を移動させたり、この出射装置側の移動と基材W側の移動との組み合わせによって行うようにしてもよい。

【0018】本発明の方法で TiC 系サーメット皮膜の高温耐摩耗性能を最大限に発揮させるためのもっとも重要なポイントは、 TiC 系硬質粒子とマトリックス金属との融合性である。アラズマ・レーザ複合溶射時に高融点の TiC 系粒子が溶融する時点では融点がより低いマトリックス金属は既に十分溶融しているので、マトリックス構成元素の Ni などは硬質粒子の表面部の Ti と相互に拡散し合う。これによって TiC 系硬質粒子はマトリックス金属中に析出したような様相で均一分散する。相互の結合を強固に保ちながら均一に分散する TiC 系粒子が多いほど皮膜の高温耐摩耗性は優れることになるが、両者間の反応には溶射材料の粒度分布、アラズマ溶射条件、レーザ照射条件、基材寸法などによって決まる条件を適正に制御する必要がある。

【0019】図2は、本発明に係る高温耐摩耗性皮膜の形成方法を実施するアラズマ・レーザ複合溶射装置を示す。この図2において、1は減圧チャンバーであり、密閉状態として内部の雰囲気を前記不活性（非酸化性）ガスで置換し、外部に付設された真空ポンプ2によって所要の真空中に設定できるようになっている。そして、この減圧チャンバー1内には、台車3上に多関節ロボット4とワーク支持台5とを搭載した溶射装置ユニット6が収容されている。

【0020】この溶射装置ユニット6の多関節ロボット4は、台車3に固定された摆動基台7上に水平摆動自在

に載置されると共に、その垂直面内揺動自在なアーム4aの先端部にプラズマガン8とレーザガン9とが取付けられており、レーザガン9には外部に設置されたYAGレーザ装置10より出射されるレーザ光が光ファイバー11を介して伝送されるようになっている。また、ワーク支持台5は、下部の回転テーブル5a上に加工テーブル5bが設置され、この加工テーブル5bの前面に被加工物である基材Wを取り付けるようになっている。そして、プラズマガン8とレーザガン9の向きは、プラズマ溶射領域とレーザビーム照射領域とが基材Wの表面で重なるように設定されている。12は制御装置であって、多関節ロボット4の水平移動及びアーム4aの垂直面内揺動、レーザ装置10のオン・オフ及び出力調整、プラズマガン8によるプラズマ溶射Pの出射・停止、レーザガン9によるレーザビームLの出射・停止、真空ポンプ2のオン・オフなど、プラズマ・レーザ複合溶射に必要な各部の作動制御を司るようになっている。

【0021】上記構成のプラズマ・レーザ複合溶射装置においては、前記不活性ガスで置換した減圧チャンバー2内を所定の真空中度に減圧した状態で、多関節ロボット4の水平移動とアーム4aの垂直面内揺動とによって溶射領域を更新移動させつつ、基材Wの表面にプラズマガン8より硬質粒子含有サーメットのプラズマ溶射Pを行うと同時に、その溶射領域にレーザガン9よりレーザビームLを適性なエネルギー密度で照射することにより、基材Wの表面に硬質粒子含有サーメット材料からなる耐摩耗性皮膜を形成する。

〔プラズマ溶射条件〕

プラズマ出力(電流-電圧)	600A, 58V
メインガス(Ar)送給量	60リットル/分
アシストガス(N2)送給量	5リットル/分
溶射距離	150mm
粉末送給ガス量	5リットル/分
粉末供給量(円盤回転数)	1.0 rpm

〔レーザビーム照射条件〕

レーザの種類および波形	YAGレーザの連続波形
レーザ出力	0.5~4.0 kW
焦点はずし量	±0mm
ビーム径	11.2~16.0 mm

【0025】比較例

レーザビームLの照射を行わず、プラズマ溶射Pのみで溶射領域の移動速度を250mm/秒とした以外は、実施例と同様にして皮膜を形成した。

【0026】〔溶射皮膜の断面組織〕溶射皮膜組織の一例として、TiC-17S6(サーメット材料A)皮膜の断面組織の走査型電子顕微鏡観察結果を図3の写真(A)~(C)に示す。写真(A)は、プラズマ溶射のみによる皮膜の断面組織を示したもので、黒く見えるマトリックス金属中に白く見えるTiC系硬質粒子が分散しているのが分かる。このプラズマ溶射のみの皮膜は、

【0022】

【実施例】以下に本発明に係る高温耐摩耗性皮膜の形成方法の実施例を比較例と対比して具体的に説明する。なお、これら実施例および比較例では、溶射材料及び基材として下記のものを使用した。

〔溶射材料〕

サーメット材料A…TiC-17S6(TiC/S6の重量比83/17)

注) S6: 重量%でC0.97、Si4.48、Cr16.81、Fe3.87、B3.35、残余Niの自溶合金

サーメット材料B…TiC-40Ni(TiC/Niの重量比60/40)

〔基材〕SUS306L(縦60mm、横50mm、厚さ3mm)を脱脂後、皮膜形成表面をアルミナ(#24)でプラスト処理したもの。

【0023】実施例

図2に示される構成のプラズマ・レーザ複合溶射装置を使用し、その減圧チャンバー1内を100TorrのArガス減圧雰囲気とし、多関節ロボット4の水平移動とアーム4aの垂直面内揺動とによって溶射領域を速度50mm/秒、ピッチ4mmで更新移動させつつ、下記のプラズマ溶射条件及びレーザビーム照射条件において、ワーク支持台5に取り付けた基材Wの表面に、プラズマガン8によるサーメット材料A及びBのプラズマ溶射Pとレーザガン9によるレーザビームLの照射とを同時に行うことより厚さ160μmの皮膜を形成した。

【0024】

組織観察のための研磨過程で硬質粒子のマトリックス金属からの脱落が激しく、両者の結合はきわめて弱いことがこの写真からも分かる。

【0027】図3の写真(B)は、レーザ出力2kWで複合溶射した皮膜の断面組織を示したもので、黒く見えるTiC系硬質粒子がまわりのマトリックス金属に十分なじんだ状態でしかも微細均一に分散しているのが分かる。また、写真(C)は、レーザ出力4kWで複合溶射した皮膜の断面組織で、黒く見えるTiC系硬質粒子の分解が激しく、粒子の多くは散逸した状態になっており、マトリックスへの残存はわずかとなっている。

【0028】複合溶射皮膜中のTiC系粒子（析出物）の体積分率を調査した結果を、レーザエネルギー密度ρとの関係で整理して図4及び図5のグラフにそれぞれ示す。ここで、レーザエネルギー密度ρはレーザ出力を基材表面上のレーザビーム面積で除した値 (W/mm^2) で定義している。図4は、TiC-17S6（サーメット材料A）の使用によるプラズマ・レーザ複合溶射皮膜の場合で、●はレーザ出力を変化させて複合溶射した皮膜、○はレーザビーム径を変化させて複合溶射した皮膜を示す。この図4のTiC-17S6皮膜において、TiC系析出物量は、レーザエネルギー密度ρの増大につれて増加し、最大値を示した後は減少している。レーザビーム径を変化させて複合溶射した皮膜のTiC系析出物量の変化も同様の傾向線上に沿っていることから、皮膜中の硬質粒子の挙動におよぼすレーザ出力およびレーザビーム径の影響はレーザエネルギー密度ρの変化で一義的に整理できそうである。以上のこととは、図5に示すTiC-40Ni（サーメット材料B）の使用による複合溶射皮膜の場合と同じである（図5の●はレーザ出力を変化させて複合溶射した場合、○はレーザビーム径を

表1 高温エロージョンテスト条件

ジェットエロージョン装置	溶射ガン (Miller Thermal社製)
アーク電流	300 A
アーク電圧	30 V
プラズマガス	Ar 60 l/min
噴射距離	120 mm
噴射パウダー	ZrO ₂
パウダーサイズ	10-44 μm
噴射角度(θ)	60 度
雰囲気	Ar (1.33×10 ⁴ Pa)
皮膜表面温度	730 °C

【0031】複合溶射皮膜の試験結果をレーザエネルギー密度ρとの関係で整理して図7に示す。図において、▲はTiC-17S6（サーメット材料A）によるプラズマ・レーザ複合溶射皮膜、○はTiC-40Ni（サーメット材料B）によるプラズマ・レーザ複合溶射皮膜を示し、△はTiC-17S6によるプラズマ溶射のみの皮膜、△はTiC-40Niによるプラズマ溶射のみの皮膜を示している。この図7から分かるように、プラズマ・レーザ複合溶射皮膜では、高温摩擦速度はレーザエネルギー密度ρの増大につれて低下し、最小値を示した後に上昇している。また、溶射材料間の比較では、粉末材料に硬質粒子を多く含むTiC-17S6複合溶射皮膜がより低い摩擦速度を示している。レーザエネルギー密度ρの変化にともなう摩擦速度の変化は、図4および図5に示した複合溶射皮膜中のTiC系析出物量の変化と相対しており、皮膜の高温耐摩耗性とTiC系析出物量とは密接な関係にあることが分かる。

変化させて複合溶射した場合を示す）。但し、図4と図5の両図を比較すると、TiC系析出物の最大量（体積分率）は、溶射粉末段階でのTiC量が多い図4のTiC-17S6皮膜でより多くなっている。

【0029】〔溶射皮膜の高温耐摩耗特性〕溶射皮膜の高温摩耗試験は標準化されたものではなく、それぞれの用途、使用条件に応じて試験がなされている。本発明者らはセラミックスパウダーを高温条件下にてプラズマ噴射する方法によって皮膜の高温エロージョン特性を調査した。エロージョンテストの模式図を図6に示し、その試験条件を下記表1に示す。試験は、皮膜表面温度を730°CとしてZrO₂パウダー噴射によって実施し、皮膜減量速度を評価した。なお、エロージョンテストの模式図を示す図6において、Wは基材、Mは複合溶射皮膜、15はプラズマノズル、16はプラズマジェット、17はパウダージェット、18は熱電対、19はエロージョン領域を示す。なお、基材Wの縦寸法aは60mm、横寸法b 50mmで、基材Wの厚さtは3mmである。

【0030】

【0032】この図7にはプラズマ溶射のみの皮膜についての試験結果を併せて示しているが、図3(A)の写真に示す皮膜組織でも観察されたように、マトリックス金属と硬質粒子間の結合が弱いプラズマ溶射のままの皮膜はいずれも大きい摩擦速度を示している。即ち、図7に▲で示すTiC-17S6によるプラズマ溶射のみの皮膜の高温摩擦速度は63mg/min、また△で示すTiC-40Niによるプラズマ溶射のみの皮膜の高温摩擦速度は76mg/minとなっている。

【0033】〔溶射皮膜のTiC系析出物量と高温耐摩耗特性との関係〕複合溶射皮膜中のTiC系析出物量と高温耐摩耗特性との関係を図8に示す。この図にはTiC-17S6複合溶射皮膜（▲で示す）及びTiC-40Ni複合溶射皮膜（○で示す）の結果をまとめて示す。複合溶射皮膜中のTiC系析出物量の増大につれて高温摩擦速度は低下し、析出物量が30%以上の領域では高温摩擦速度は低位に安定することが分かる。プラズマ

溶射のみの皮膜が著しく高い高温摩耗速度を示す(図7)のに比べると、プラズマ・レーザ複合溶射は、いずれの条件においても皮膜の高温耐摩耗性を改善する効果が認められるが、この効果が一層顕著で且つ安定した皮膜性能が達成できるTiC系析出物量の範囲としては、25%以上であることが好ましい。

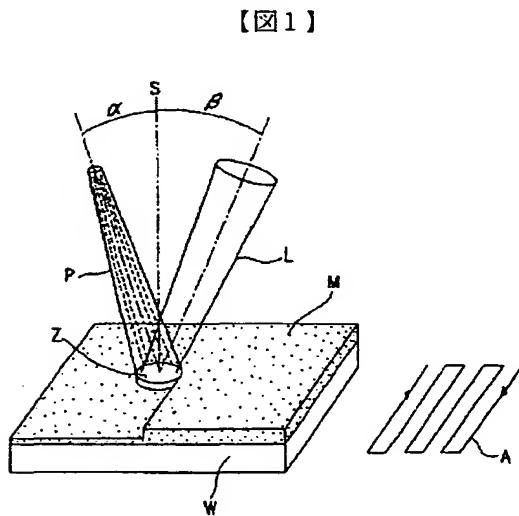
【0034】

【発明の効果】請求項1に係る発明によれば、基材表面にTiC系硬質粒子を含有するサーメット材料をプラズマ溶射によって吹き付けて高温耐摩耗性皮膜を形成するのに、基材表面へのサーメット材料の吹き付けと同時に基材表面の吹き付け位置にレーザビームを照射するプラズマ・レーザ複合溶射を行うことから、溶融粒子相互の融合性を高めて皮膜の硬質粒子と金属マトリックスとの結合を強化するとともに皮膜と基材界面との結合をより密にすることができる、皮膜自体および基材に対する密着強度に優れた高温耐摩耗性皮膜を得ることができる。

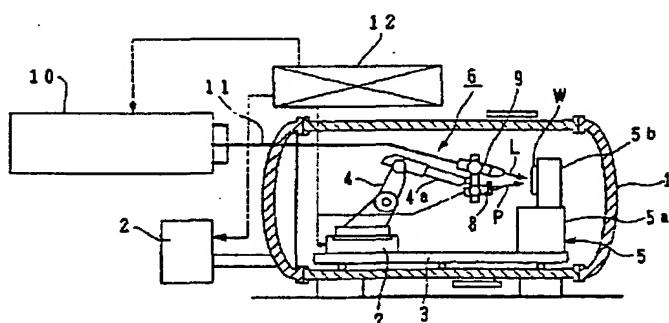
【0035】請求項2に係る発明のように、皮膜中のTiC系析出物量が体積率25%以上である場合には、皮膜の高温耐摩耗性を改善する効果が一層顕著で且つ安定した皮膜性能が達成できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る高温耐摩耗性皮膜形成方法を示す模式図である。

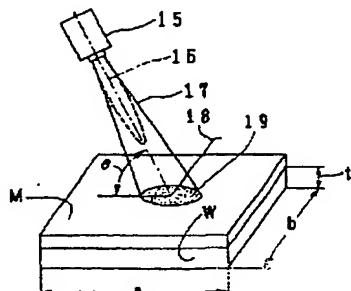


【図1】



【図2】

【図6】



【図2】同形成方法を実施するプラズマ・レーザ複合溶射装置を示す概略縦断面図である。

【図3】溶射皮膜組織の走査型電子顕微鏡観察結果を示す写真で、(A)はプラズマ溶射のみによる皮膜の断面組織を示し、(B)はレーザ出力2kWで複合溶射した皮膜の断面組織を示し、(C)は、レーザ出力4kWで複合溶射した皮膜の断面組織を示す。

【図4】TiC-17S6皮膜のレーザエネルギー密度とTiC系析出物量との関係を示すグラフである。

【図5】TiC-40Ni皮膜のレーザエネルギー密度とTiC系析出物量との関係を示すグラフである。

【図6】高温エロージョンテストの模式図である。

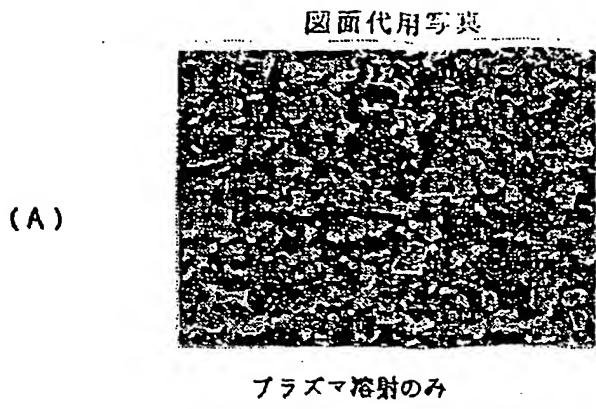
【図7】レーザエネルギー密度と皮膜の高温耐摩耗性との関係を示すグラフである。

【図8】複合溶射皮膜のTiC系析出物量と高温耐摩耗性との関係を示すグラフである。

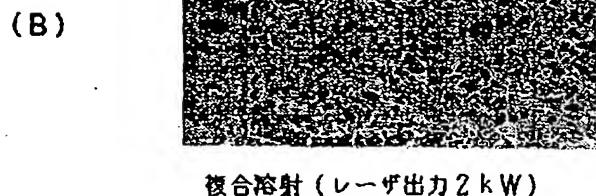
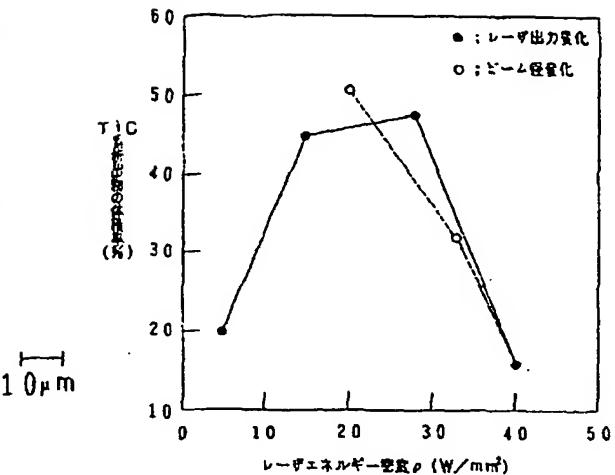
【符号の説明】

W	基材
A	基材の移動方向
M	高温耐摩耗性皮膜
P	プラズマ溶射
L	レーザビーム
Z	溶射領域(吹き付け位置)

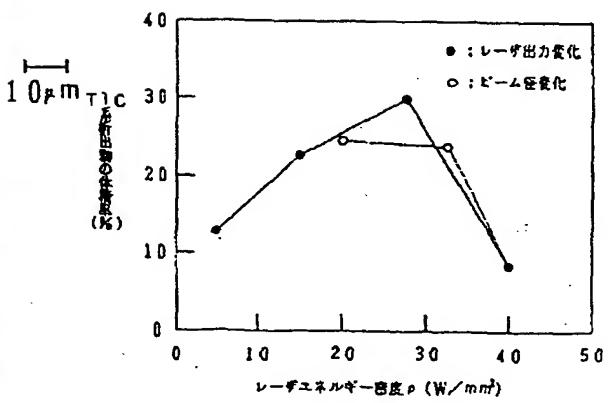
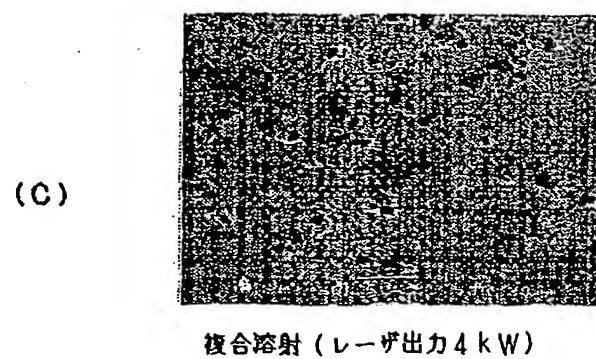
【図3】



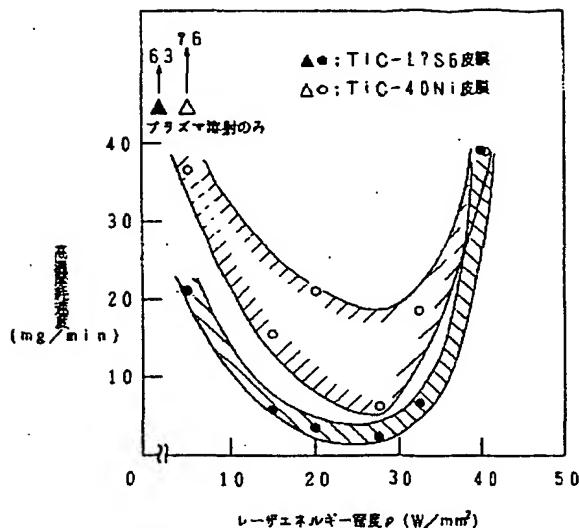
【図4】



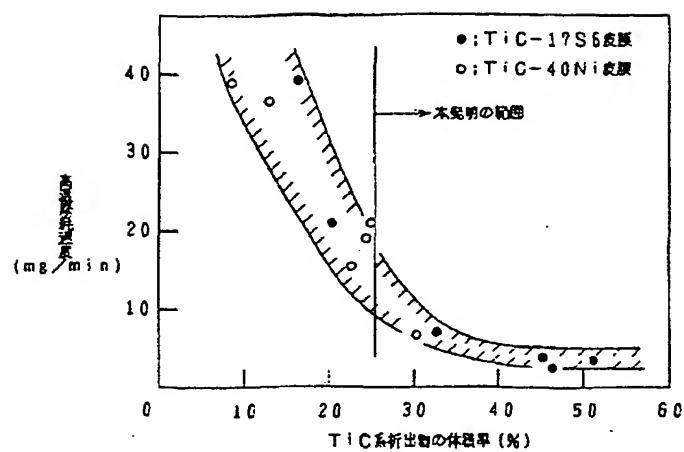
【図5】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 大森 明
兵庫県尼崎市道意町7丁目1番8 財団法人
人近畿高エネルギー加工技術研究所内